

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALENCIA

“San Vicente Mártir”

**“Estudio observacional de la aplicabilidad de la termografía en los cuidados del pie
de riesgo”**

**TRABAJO FIN DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
“GRADO EN ENFERMERÍA”**

Presentado por:

D^a INÉS MADRIGAL GARCÍA

Tutor/a:

D. JUAN TORREGROSA VALLS

Valencia, a 6 de mayo de 2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a mi tutor Juan Torregrosa por su tiempo y dedicación, a mis padres por el gran esfuerzo que han realizado y por todo su apoyo, a Álvaro por su ayuda, y a mis amigas y compañeras por estar siempre ahí, así como a los participantes del estudio, porque sin ellos esto no hubiera sido posible.

RESUMEN

Introducción

La diabetes mellitus tiene diversas complicaciones entre las que encontramos las úlceras neuropáticas, y esto puede derivar en osteomielitis o amputaciones. En la actualidad hay estudios que dicen que antes de la ulceración se produce una inflamación de la zona, en la que uno de los signos es el calor. También el cambio de temperatura puede obtenerse mediante sistemas sin contacto como la termografía y puede ser indicador de isquemia e inflamación en pie de riesgo.

Material y métodos

Este estudio se consideró descriptivo, observacional y transversal con 42 participantes con diabetes mellitus que cumplieron los criterios de inclusión. Los pacientes se escogieron en la Asociación de Diabetes de Valencia (ADV) y se utilizó una cámara para realizar las imágenes termográficas.

Resultados

Se observan cambios significativos de la temperatura a menor antes de la prueba de estrés y después, en el pie izquierdo ($P=0.002$), mientras que en el pie derecho no ha habido cambios significativos ($P=0.099$). En el resto de variables tampoco se vieron cambios significativos.

Conclusiones

En la muestra estudiada se obtuvo un cambio de temperatura a menor después de realizar la prueba de estrés mecánico en el pie izquierdo, lo que puede ser debido a isquemia y/o una posible vasoconstricción causada por la prueba de estrés mecánico. Lo que demuestra que la termografía es una herramienta útil para cuantificar cambios de temperatura que se producen en el pie diabético y así prevenir la formación de úlceras. Dichos cambios no están del todo claros por lo que es necesario continuar con su estudio.

Palabras clave

Pie diabético, úlcera, neuropatía, termografía, diferencial de temperatura.

ABSTRACT

Introduction

Neuropathic ulcers are one of the several complications caused by diabetes mellitus – and might derive into osteomyelitis or amputations. Recent research concludes that ulceration is produced due to inflammation, noticeable by the increase of temperature in the affected zone. Temperature's changes might be determined through other systems apart from thermography and it is also a sign of ischemia and inflammation in high risk foot.

Materials and methodology

This study is considered descriptive, observational and cross-sectional. 42 volunteers suffering from diabetes mellitus met the required inclusion criteria. Patients were selected from the Valencian Diabetes Association (ADV). A camera was used in order to obtain thermographic images.

Results

A significant decrease in temperature was noticed before and after the stress test, $P=0.002$ for the left foot and $P=0.099$ for the right one. This last temperature fluctuation was considered not significant, along with the other factors considered for the study.

Conclusions

In the studied sample a decrease in temperature was observed after subjecting the left foot to the stress test, which might derive from ischemia and/or a vasoconstriction caused by the mechanical stress test. This proof confirms the utility of thermography when determining temperature fluctuation in diabetic foot and preventing ulcer formation. These changes have not been completely verified: further research is needed.

Key words

Diabetic foot; ulcer; neuropathy; thermography; temperature fluctuation

1. ÍNDICE

1. ÍNDICE.....	III
1.1 Índice de imágenes.....	V
1.2 Índice de ilustraciones	VI
1.3 Índice tablas	VII
2. INTRODUCCIÓN.....	1
2.1 Marco teórico	1
2.1.1 Enfermedad vascular periférica	3
2.1.2 Neuropatía periférica diabética.....	5
2.1.3 La temperatura superficial de la piel y su valoración.....	9
2.1.4 Termografía infrarroja	10
2.2 Justificación del estudio.....	13
3. HIPÓTESIS	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Primario	16
4.2 Secundarios	16
5. MATERIAL Y MÉTODOS	17
5.1 Métodos	17
5.1.1 Tipo de estudio y procedencia de los sujetos	17
5.1.2 Criterios de inclusión y exclusión	17
5.1.3 Muestreo	17
5.1.4 Confidencialidad.....	17
5.1.5 Método de recogida de datos	18
5.1.6 Variables del estudio	18
5.1.7 Protocolo de actuación.....	18

5.2	Material	20
5.2.1	Cámara termográfica	20
5.3	Aspectos éticos	21
5.4	Protocolo de investigación.....	21
5.5	Análisis estadístico	22
6.	RESULTADOS	23
6.1	Análisis descriptivo de la muestra	23
6.2	Inferencia estadística.....	24
7.	DISCUSIÓN.....	27
8.	CONCLUSIONES.....	30
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	31

1.1 Índice de imágenes

Imagen 1. Midiendo el nivel de azúcar con glucómetro (1).....	1
Imagen 2. Cámara termográfica FLIR E60. Fuente: realizado por autor	11
Imagen 3. Toma de imagen termográfica antes de la prueba de estrés. Fuente: realizada por autor.....	19
Imagen 4. Toma de imagen termográfica después de someter a estrés mecánico. Fuente: Realizada por autor	20
Imagen 5. Imagen termográfica con posible isquemia en los dedos. Fuente: realizada por el autor	27

1.2 Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Ilustración de úlceras en el pie. Fuente: Vilcahuaman Cajacuri L.A et al. (6)	6
Ilustración 2. Formación de úlcera en pie diabético. Fuente: Armstrong et al. (16)	7
Ilustración 3. Diagrama que muestra la captura de datos. Fuente: Gatt A et al. (22).....	19

1.3 Índice tablas

Tabla 1. Clasificación cuidados de enfermería(4)	2
Tabla 2. Características de las úlceras neuropáticas. Fuente: Marinel. lo et al. (18).....	8
Tabla 3. Características sistemas termográficos FLIR ONE y FLIR E60 (31)	13
Tabla 4. Enumeración de las variables dependientes e independientes del estudio	18
Tabla 5. Cronograma del estudio.....	22
Tabla 6. Descripción de la muestra estudiada	23
Tabla 7. Descripción de las variables en el pie derecho	24
Tabla 8. Descripción de variables en el pie izquierdo	24
Tabla 9. Pruebas de normalidad para las variables estudiadas	25
Tabla 10. T-student para valorar la diferencia entre ITERM1D e ITERM2D	25
Tabla 11. T-student para valorar la diferencia entre ITER1I Y ITERM2I.....	26
Tabla 12. T-student para valorar la diferencia entre la temperatura del pie derecho y el pie izquierdo	26

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Marco teórico

La OMS define la diabetes como una enfermedad crónica cuando el páncreas no produce suficiente insulina, o cuando el organismo no es capaz de utilizar eficazmente la insulina que se produce, siendo su efecto una hiperglucemia no controlada.



Imagen 1. Midiendo el nivel de azúcar con glucómetro (1)

Según estimaciones, 422 millones de adultos en el mundo tenían diabetes en 2014, frente a los 108 millones que había en 1980. La prevalencia mundial de la diabetes, casi se ha duplicado desde ese año, pasando del 4,7% al 8,5% en la población adulta. En 2012 la diabetes provocó alrededor de 1,5 millones de muertes, y un nivel superior al deseable de glucosa en sangre provocó otros 2,2 millones de muertes al incrementar riesgos de enfermedades cardiovasculares y de otros tipos (2).

Entre las personas con Diabetes Mellitus, se estima que el riesgo de desarrollar una úlcera en el pie es de un 15%. Las úlceras en los pies son causantes de pérdidas físicas,

emocionales, de productividad y financieras sustanciales. La consecuencia más costosa y temida de una úlcera en el pie es la amputación de un miembro; esto ocurre de 10 a 30 veces más en personas con diabetes mellitus que en la población general. La diabetes subyace hasta 8 de cada 10 amputaciones no traumáticas, de ellas el 85% proviene de una úlcera en el pie. La mortalidad después de una amputación oscila entre el 13 y 40% en el primer año, de un 35 a un 65% a los 3 años y de un 39 a un 80% a los 5 años.

Debido a la enorme morbimortalidad de las úlceras del pie diabético es crucial explorar todas las posibilidades de prevención existente en el ámbito clínico de enfermería como son la aplicación de todos los cuidados de enfermería, los cuales mencionamos a continuación(3):

Tabla 1. Clasificación cuidados de enfermería(4)

Clasificación cuidados de enfermería

- Toma de datos del paciente diagnosticado de DM
 - Valoración de enfermería con los antecedentes de interés y los signos y síntomas
 - Valoración de las necesidades
 - Exploración del pie
 - Exploración física en bipedestación y decúbito para valorar la sequedad de la piel, atrofia cutánea, zonas de hiperqueratosis y coexistencia de micosis.
 - Exploración hemodinámica, por sospecha de compromiso vascular severo, se realizaría un Doppler.
 - Exploración neurológica, superficial, profunda, artrocinética, valoración de la función motora del miembro inferior con el reflejo aquileo y rotuliano, el reflejo cutáneo plantar y el tono muscular, y el dolor profundo.
 - Exploración vascular, con la palpación de pulsos del tibial posterior y pedio, coloración, repleción venosa, tiempo de recuperación de los capilares, ITB, y temperatura, la cual nos daría muchísima más información si dispusiéramos de una cámara termográfica en la consulta de enfermería, ya que podríamos valorar y cuantificar los cambios de temperatura.
-

A continuación, hablaremos sobre la fisiopatología de la diabetes para entender así mejor su funcionamiento y las consecuencias clínicas que ésta produce.

La glucosa es la fuente de energía predominante en el metabolismo celular, se transporta a las células activamente y para este proceso se requiere insulina. La insulina es una hormona producida en el páncreas, en las células beta, para unirse a un receptor de insulina en la superficie de estas. Esta unión conduce a la fosforilación de proteínas intracelulares que causan el movimiento de la glucosa facilitando la difusión de ésta en la célula. La Diabetes Mellitus es una condición que está causada por la incapacidad de mover de manera eficiente la glucosa de la sangre a las células(5).

La insulina es necesaria para la regulación de la lipólisis, en ausencia de insulina, el consumo de grasa se acelera dando así a una mayor producción de cuerpos cetónicos, éstos son ácidos orgánicos fuertes que reducen el pH y provocan una acidosis, la acidosis no corregida severa puede tener efectos negativos sobre el músculo cardíaco y también puede producir depresión respiratoria(6).

La diabetes tipo 2 es causada por una combinación entre la resistencia a la acción de la insulina y una secreción inadecuada de insulina en respuesta compensatoria (7).

La Diabetes Mellitus tiene diversas complicaciones que se clasifican en agudas y crónicas. Las agudas están caracterizadas por episodios de hiperglucemias descontroladas, que dan lugar a cetoacidosis diabética o a un coma hiperosmolar no cetósico, y por el contrario también se dan episodios de hipoglucemias. Las complicaciones crónicas de la DM se relacionan con una hiperglucemia mantenida y otras enfermedades que están relacionadas con la Diabetes Mellitus. Estas complicaciones son macrovasculares, como la insuficiencia cardíaca, la cardiopatía isquémica, la enfermedad cerebrovascular y la enfermedad vascular periférica. Dentro de las complicaciones microvasculares, encontramos la nefropatía, la retinopatía y la neuropatía diabética(8).

A continuación, nos centraremos en explicar la enfermedad vascular periférica y la neuropatía diabética, las cuales son de mucha importancia en este estudio.

2.1.1 Enfermedad vascular periférica

Se entiende como insuficiencia vascular periférica un conjunto de cuadros sindrómicos,

crónicos o agudos, derivados generalmente de la presencia de una enfermedad arterial oclusiva, lo que condiciona un insuficiente flujo sanguíneo a las extremidades. En una gran mayoría de casos, el proceso patológico subyacente es la enfermedad aterosclerótica, que afecta preferentemente a la vascularización de las extremidades inferiores, por lo que nos referimos a esta localización, y aquí lo vemos especializado en la diabetes.

En condiciones de una hiperglucemia la síntesis de NO se ve inhibida, lo que disminuye el flujo sanguíneo y hay una hipertensión. Dicha hipertensión arterial se considera una de las principales causas de aterosclerosis, por su efecto inhibitor de la liberación del vasodilatador NO y favoreciendo la muerte celular como necrosis o apoptosis, mediante, la producción de especies reactivas de oxígeno(9).

La arteriopatía o macroangiopatía diabética es la aterosclerosis en el diabético, no es un trastorno oclusivo, sino funcional, caracterizado por un engrosamiento difuso de las membranas capilares basales, con preservación de la luz vascular, ocasionándose un aumento de la permeabilidad capilar, con trastorno de los mecanismos de transporte y el metabolismo tisular. Por lo tanto la microangiopatía del paciente diabético no estará implicada en generar isquemia de miembro inferior, sino que tendrá un papel primordial en el desarrollo de la neuropatía diabética(10).

La evolución cronológica del mecanismo fisiopatológico por el que se desarrolla una insuficiencia arterial se basa en la presencia de estenosis arteriales, que progresan hasta provocar una oclusión arterial completa, lo que se traduce en un mayor o menor grado de desarrollo de las vías colaterales como suplencia.

Cuando el desajuste entre necesidad de los tejidos periféricos y aporte de sangre se produce de manera abrupta, una placa de alto riesgo, estaremos ante un cuadro de isquemia aguda de origen trombótico. De este modo las alteraciones microvasculares alteran el riego de sangre a los nervios, lo que produce neuropatía(11).

La enfermedad vascular periférica tiene complicaciones devastadoras tanto a nivel macrovascular como a nivel microvascular, lo que resulta en una isquemia o una incapacidad para sanar adecuadamente, lesiones pequeñas pueden pasar a lesiones de mayor tamaño debido a la reducida capacidad de curación. La llegada de antibióticos

sistémicos también puede verse comprometida, dejando las infecciones en el pie afectado sin control(12).

2.1.2 Neuropatía periférica diabética

La neuropatía diabética se definió como la presencia de síntoma y/o signos de disfunción de los nervios periféricos en diabéticos, después de la exclusión de otras causas como, por ejemplo, de origen traumático, hereditario, compresivo, nutricional, tóxico, infecciosos, neoplásicos y secundario a otras enfermedades sistémicas. La Neuropatía Diabética Periférica (NDP) se caracteriza por parestesia, dolor y pérdida sensorial y/o sensitiva.

En la NDP cuando existe un predominio de lesión de fibras cortas, las alteraciones más frecuentes son dolor y parestesias, junto con alteraciones tempranas del umbral térmico. En cambio, cuando el predominio es de las fibras largas, los síntomas más destacados son disminución o pérdida de los reflejos osteotendinosos y de los umbrales dolorosos y vibratorios(13). Comienza en los dedos de los pies, y gradualmente se va moviendo hacia proximal, una vez que esté bien establecido en las extremidades inferiores afecta a las extremidades superiores, con la pérdida sensorial siguiendo el típico patrón de distribución de “guantes y medias”.

La gran mayoría de los pacientes con neuropatía presenta algún síntoma particular de NDP, pueden experimentar síntomas como sensaciones eléctricas o punzantes, parestesia, dolor ardiente, hiperestesia y dolor profundo. Sin embargo, hasta el 50% de los pacientes pueden estar asintomáticos y en estadios iniciales se debe vigilar e iniciar tratamientos preventivos.

La DM produce una polineuropatía sensomotora crónica que afecta a los nervios motores, sensitivos y autonómicos de los nervios periféricos, que conduce a la pérdida de dolor que impide detectar el cansancio de nuestros pies o cuándo cambiar el calzado para una adecuada protección de los tejidos, para que no haya una posterior lesión y ulceración(14).

La neuropatía autonómica es posiblemente la más olvidada, la afectación del nervio autonómico deteriora la vasoregulación, puede existir una hipoxia, cambios de turgencia y textura de la piel, causando sequedad y fisuras, afectando predominantemente la zona plantar. Lo que junto con fricción facilita lesiones hiperqueratósicas, que sin tratamiento

pueden progresar con respecto a la induración y al grosor de la piel favoreciendo la formación de úlceras(12).

La neuropatía motora diabética afecta con más frecuencia al pie. Su presentación clínica en los pies es la atrofia de los músculos interóseos, causando problemas mecánicos y deformidades.

La diabetes mellitus tiene asociado un estado de inmunosupresión, que favorece la infección en las úlceras, lo que puede dar a su vez la formación de fístulas, abscesos, artritis séptica, infecciones tendinosas y osteomielitis.

Las úlceras del pie son una frecuente complicación de la diabetes mellitus. Es una costosa complicación en mortalidad, morbilidad, gasto sanitario, y en la reducción de la calidad de vida del paciente. Aproximadamente, casi el 50% de estas úlceras se encuentran en la superficie plantar del pie.



Ilustración 1. Ilustración de úlceras en el pie. Fuente: Vilcahuaman Cajacuri L.A et al. (6)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el pie diabético es considerado como la presencia de ulceración, infección y gangrena del pie asociada a la neuropatía diabética y a diferentes grados de enfermedad vascular periférica, resultados de la interacción compleja de factores diferentes inducidos por una hiperglucemia mantenida(15) (véase Ilustración 1).



Ilustración 2. Formación de úlcera en pie diabético. Fuente: Armstrong et al. (16)

Una úlcera se define como aquella herida en la que ha fracasado el proceso de cicatrización, y por ello entra en un estado de inflamación patológica, por consiguiente, el proceso de cicatrización no se desarrolla de una manera coordinada, produciéndose resultados anatómicos y funcionales pobres(17).

Nombramos a las úlceras de etiología arterial (generada por obstrucción arterial que disminuye la presión parcial de oxígeno y conduce a la isquemia crítica), y úlceras de etiología neuropática en la que nos centraremos a continuación.

La fisiopatología de la úlcera de etiología neuropática es el traumatismo repetitivo y no advertido inducido por la neuropatía sensorial, sin estar afectados ni la morfología ni la

hemodinámica vascular. La zona en la que aparecen estas úlceras neuropáticas es en la zona plantar del pie(18).

Tabla 2. Características de las úlceras neuropáticas. Fuente: Marinel. lo et al. (18)

Características de las úlceras neuropáticas	
Localización prevalente	Planta del pie
Morfología	Oval
Bordes periulcerosos	Bien delimitados
Base	Granulada
Tejido periulceroso	Hiperqueratósico
Expresión de dolor	Nula
Pulsos tibiales	Positivos
Contexto clínico	Diabetes Mellitus

La neuropatía diabética, junto con el traumatismo y la enfermedad vascular periférica es la principal causa del pie diabético, y es causante de complicaciones como la presencia de alteraciones biomecánicas, deformidades y el pie de Charcot. Esto junto a la isquemia producida por la enfermedad vascular periférica y la infección contribuyen a la formación de úlceras del pie(8).

El pie de Charcot u osteoartropatía aguda de Charcot es una progresión crónica de total destrucción de una articulación portadora de peso marcada por destrucción ósea y deformidad eventual, que conduce a la degeneración total y descomposición de los huesos y articulacionesLo que si podemos es enseñar a reconocerlo temprano y así proteger el pie en las primeras etapas, detener el proceso inflamatorio que se produce, que previene la progresión y reduce el riesgo de desarrollar la deformidad severa del pie. El pie de Charcot siempre debe ser sospecha cuando un paciente diabético con neuropatía diabética presenta un pie caliente, hinchado, rojo y se quejan de dolor(12).

2.1.3 La temperatura superficial de la piel y su valoración

Todos los procesos fisiológicos producen calor. La temperatura corporal es un indicador de la función normal o anormal. Una temperatura corporal alterada es un indicador natural de enfermedad. La temperatura central del cuerpo humano normalmente se mantiene a 37°C, cambios de temperatura en la periferia puede ocurrir con una respuesta del cuerpo a esto siendo una vasoconstricción o vasodilatación periférica, para controlar la temperatura central, junto con otros mecanismos fisiológicos como el sudor.

La temperatura cutánea normal es de 32°C, y está influenciada por muchas variables, como, la temperatura y humedad ambiental, la vascularización local de la zona, la vasodilatación o vasoconstricción, y la capa de grasa subcutánea. La temperatura de la piel aumentará como resultado de la vasodilatación local mediado por citoquinas provocadas por el proceso inflamatorio(19). Estudios clínicos sobre el monitoreo domiciliario de la temperatura cutánea de las plantas de los pies se ha demostrado que las evaluaciones de temperatura frecuentes y el tratamiento inmediato en caso de diferencias en la temperatura persistentes mayores de 2.2°C en la temperatura superficial de la piel, entre una región del pie y la misma región en el pie contralateral pueden prevenir la formación de úlceras. Por otra parte, la disminución de la temperatura de los pies puede indicar una insuficiencia vascular en el pie(20), evaluando así el alcance de los trastornos de perfusión de sangre periférica y condiciones isquémicas(21).

Esta respuesta termorreguladora normal puede ser alterada por ciertas patologías como la enfermedad arterial periférica, o isquemia que puede resultar en extremidades más frías, también, en ciertos casos de afecciones inflamatorias, infección local, y gota, la temperatura periférica aumentará como resultado de la vasodilatación local mediada por las citoquinas provocadas por el proceso inflamatorio. En la neuropatía autónoma, estos termorreguladores normales se ven afectados, lo que resulta en temperaturas periféricas alteradas(19).

La inflamación se caracteriza por cinco signos cardinales: edema (tumor), enrojecimiento (rubor), calor, dolor y pérdida de la función. En la extremidad con neuropatía, el dolor y la alteración de la función puede estar ausente y, por lo tanto, son deficientes los indicadores de inflamación. La inflamación juega un papel primordial en la patogénesis de las dos secuelas más devastadoras de la neuropatía diabética

periférica, las úlceras neuropáticas y la osteoartropatía de Charcot(2).

2.1.4 Termografía infrarroja

Varias complicaciones del pie diabético como son las úlceras neuropáticas, osteomielitis, y pie de charcot, o complicaciones de las uñas y los dedos neuropáticos, se han identificado en lugares con temperatura elevada. Un aumento de la temperatura de la planta del pie puede estar presente incluso una semana antes de que aparezca una úlcera neuropática (22).

Las imágenes térmicas infrarrojas ofrecen la ventaja de una medición de temperatura bidimensional en tiempo real, y una sola imagen puede contener varios miles de puntos de temperatura. Además es una técnica sin contacto, no invasiva, y por lo tanto segura e inofensiva(23). Estas ventajas han impulsado su uso en medicina, por lo que es una tecnología prometedora para lograr este objetivo, ya que el aumento de la temperatura plantar puede ser un signo clave de inflamación subyacente o de infección(21). Diversos estudios se realizaron basándose en la idea de que la vasodilatación y el aumento del metabolismo tisular inducido por una respuesta inflamatoria puede producir un cambio térmico. Las imágenes térmicas también se pueden utilizar como una herramienta de selección para evaluar el estado circulatorio(23).

En el campo médico, la termografía ha sido utilizada en diversos ámbitos, en este trabajo el principal interés está en la aplicación de la termografía para la formación de imágenes fisiológicas de la función circulatoria periférica de los pies y para su uso como herramienta clínica para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades vasculares y trastornos neurológicos. El uso de termografía infrarroja sin contacto puede proporcionar una lectura más precisa que los métodos de contacto(24).



Imagen 2. Cámara termográfica FLIR E60. Fuente: realizado por autor

En el uso de la termografía en el contexto del pie de riesgo se han estudiado estrategias de prevención de inflamación e inminente ulceración, y la consiguiente prevención amputaciones.

No hay criterios de niveles de temperatura bien establecidos para determinar la patología, por lo tanto, para la evaluación de la temperatura de la piel se utiliza la extremidad contralateral para determinar los niveles de temperatura normales o de referencia. Unas series experimentales en el National Hansen's Disease Center in Carville, han vinculado un estrés repetido de leve a moderado en la extremidad neuropática, con un aumento generalizado de la temperatura local de la piel(25), y Thompsonhnd después de Manley y Darby demostraron que un estrés repetido de 3,6kg/cm2 aplicado a la planta del pie de una rata en el lapso de una semana aproximadamente provoca una respuesta inflamatoria y posterior ulceración(26).

Un estudio realizado por Armstrong DG, Lavery LA, Liswood PJ, Tood WF, y Tredwell AJ, evaluó la temperatura de la piel en pacientes con osteoartropatía de charcot y úlceras neuropáticas. Se midieron tanto la temperatura del pie afectado, como

la contralateral, y hubo diferencias en la temperatura de la piel entre el pie afectado y el contralateral(24).

Otro estudio realizado por Chanmungam et al. expone que la termografía de onda larga puede recopilar y registrar datos objetivos de temperatura asociados con la infección, inflamación y úlceras(27).

Stess et al y después Benbow et al, sugirieron que al examinar patrones termográficos de pacientes con diabetes se podría detectar el riesgo de ulceración y que las altas temperaturas eran predictivas de ulceración (24).

La termografía infrarroja fue utilizada por Bhara et al. Para el diagnóstico de la neuropatía diabética y por Huang et al. en pacientes que recientemente sufrían enfermedad arterial periférica. Y en relación con la medición de índice braquial de tobillo (ABI), intentaron desarrollar un método para la identificación de extremidades con isquemia(28).

La mejor prueba diagnóstica en la enfermedad de Charcot es la temperatura para determinar en qué nivel está el pie y si está a punto de romperse, si la temperatura es elevada en un pie sintomático, mayor de 2 °C o 4 ° Fahrenheit en comparación con el pie contralateral, es probable que el pie esté una fase activa del proceso de la enfermedad de Charcot, y haya una posible fractura ósea, lo cual se puede observar gracias a la termografía infrarroja (12).

La termografía infrarroja es una ciencia dedicada a la adquisición y procesamiento de materiales térmicos e información de dispositivos de medición. Las cámaras termográficas están equipadas con ópticas de transmisión infrarroja y sensores que son sensibles a las partes de la banda térmica infrarroja(29). El sensor realiza lecturas que convierte en unidades radiométricas y se codifican por colores para generar imágenes de colores llamado termograma, que nos permitan visualizar la radiación infrarroja térmica que no puede ser vista por el ojo humano. Las cámaras térmicas disponibles son sensibles a IR de onda media (2-5mm) o IR de onda larga (8-14mm). La principal ventaja de estos dispositivos es que es en tiempo real y sin contacto(30).

Este estudio está realizado con la cámara compacta FLIR E60, pero recientemente está disponible FLIR ONE, un dispositivo conectado a un teléfono inteligente, una forma

más económica y portátil de termografía. Sus características las nombramos a continuación, teniendo cualquier sistema termográfico que se encuentre en un rango entre las características entre los dos sistemas capacidad de uso en la clínica diaria de enfermería(31).

Tabla 3. Características sistemas termográficos FLIR ONE y FLIR E60 (31)

	FLIR E60	FLIR ONE
Intervalo de temperatura	-20 a +120°C / 0 a +650°C	-20 a 120°C
Temperatura de funcionamiento	-15 a +50°C	0 a 35°C
Sensibilidad térmica	< 0,05°C	0.1°C
Resolución IR	320 x 240	160 × 120

2.2 Justificación del estudio

Con este estudio se intenta ver la aplicabilidad que tienen los sistemas termográficos en la revisión clínica de enfermería en el pie diabético y sus cambios de temperatura.

Las úlceras plantares, son precedidas por una inflamación local que provoca una variación de la temperatura superficial de la piel(8). Los cinco signos cardinales de la inflamación incluyen: dolor, edema, pérdida de función, eritema y calor, estos parámetros son difíciles de evaluar, con la excepción de la temperatura de la piel, la cual puede ser cuantificada fácilmente por termografía infrarroja(32), la cual, basada en imágenes térmicas infrarrojas digitales es capaz de cuantificar pequeñas asimetrías de temperatura para monitorizar algunas condiciones fisiológicas(21), y se ha confirmado que es una técnica muy útil en la gestión clínica dinámica del pie diabético en enfermería.

Se ha demostrado que los cambios de temperatura persistentes mayores de 2.2°C en la temperatura superficial de la piel, entre una región del pie y la misma región en el pie contralateral pueden prevenir la formación de úlceras. Por otra parte, la disminución de la temperatura de los pies puede indicar una insuficiencia vascular en el pie(20). Y se ha comprobado que un aumento de la temperatura de la planta del pie puede estar presente incluso una semana antes de que aparezca una úlcera neuropática(22).

Varias de las complicaciones que se pueden encontrar, como las úlceras neuropáticas, la osteomielitis, y el pie de Charcot, o complicaciones de las uñas y los dedos, se han relacionado con lugares donde la temperatura se encontraba elevada.

Un uso de termografía infrarroja sin contacto puede aportar una lectura más precisa que los métodos de contacto(24), es un proceso económico, y no presenta ningún riesgo para los pacientes, por ello el presente estudio tiene como finalidad la comprobación de la temperatura con una cámara termográfica, que puede ser un buen parámetro para la prevención y detección de estas úlceras.

Ya que puede producirse un aumento de temperatura por un proceso inflamatorio previo a una ulceración, o por una infección de la zona ulcerada, la cual tendremos que curar de forma dinámica con apósitos y antibiótico, o por otro lado puede producirse una disminución de la temperatura por un proceso isquémico. Por ello, sería de gran ayuda contar con una cámara termográfica en la consulta de enfermería y a la hora de realizar las revisiones de pie de riesgo a los pacientes tomar fotos de los pies y analizar la temperatura de éstos.

3. HIPÓTESIS

Se ha propuesto la siguiente hipótesis:

“En pacientes con pie de riesgo es de gran utilidad clínica realizar mediciones con una cámara termográfica para cuantificar los posibles cambios de temperatura”

4. OBJETIVOS

Para este estudio, se han sugerido los siguientes objetivos:

4.1 Primario

Identificar la utilidad clínica que puede tener la cámara termográfica en la consulta de enfermería.

4.2 Secundarios

- Estudiar el significado de cambios de temperatura como indicadores de riesgo en el pie diabético.
- Evaluar la termografía como herramienta de prevención de posibles úlceras en el pie diabético.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Métodos

5.1.1 Tipo de estudio y procedencia de los sujetos

Siguiendo la metodología de Argimón Pallás(33), este estudio se consideró descriptivo, observacional y transversal con 42 personas con diabetes mellitus de más de 10 años de evolución. Los pacientes se escogieron en la Asociación de Diabetes de Valencia (AVD).

5.1.2 Criterios de inclusión y exclusión

Los participantes se seleccionaron según los siguientes criterios:

5.1.2.1 Criterios de inclusión

- Ser mayor de 18 años.
- Firma y aceptación del consentimiento informado.
- Tener diabetes de más de 10 años de evolución

5.1.2.2 Criterios de exclusión

- Haber realizado deporte poco antes de la exploración.
- Tener antecedentes quirúrgicos en la planta del pie.

5.1.3 Muestreo

Este estudio se planteó como piloto ya que la muestra es por conveniencia(34). La selección se realizó según la firma y orden de llegada del consentimiento informado entregado a cada uno de los participantes.

5.1.4 Confidencialidad

Para cumplir con los requisitos expuestos por la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, se codificó a cada participante, evitando en todo momento la relación de su filiación con los datos recogidos en el estudio.

5.1.5 Método de recogida de datos

Para realizar la recogida de datos se realizó un cuadernillo de recogida de datos (CDR) para plasmar todos los resultados obtenidos de la cámara termográfica, y así, poder interpretarlos posteriormente.

5.1.6 Variables del estudio

Para contestar a los objetivos del estudio se estudiaron las siguientes variables:

Tabla 4. Enumeración de las variables dependientes e independientes del estudio

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLES INDEPENDIENTES
Temperatura (C°) (cuantitativa continua)	Extremidad del estudio (cualitativa nominal dicotómica)

5.1.7 Protocolo de actuación

Para la toma de muestras se siguieron los siguientes pasos:

- En primer lugar, se explicó al paciente los procedimientos que se iban a seguir en este estudio, se le entregó el consentimiento informado el cual debió leer minuciosamente, y finalmente, si estuvo de acuerdo con las pruebas y mediciones a las que iba a ser sometido, firmaría el consentimiento informado.
- Una vez firmado el consentimiento informado se procedió a realizar una anamnesis del paciente en el que se preguntó datos como: la edad, el número de años con diabetes, nombre y apellidos y se asignó un código específico.
- Posteriormente se pasó un periodo de 10-15 minutos en los que el paciente tuvo los pies en reposo, y a continuación, se colocó al paciente en la camilla en decúbito supino, con los pies colgando de la camilla y se tomaron las primeras imágenes termográficas en las plantas de los pies con la cámara termográfica en dirección perpendicular y a 1,5 metros de los pies, este protocolo de actuación se ha basado en el método de actuación de actuación propuesto por Gatt A, et al. Termographic Patterns of the Upper and Lower limbs: Baseline Data. Hindawi Publishing Corporation.2015 (Véase Ilustración 3).

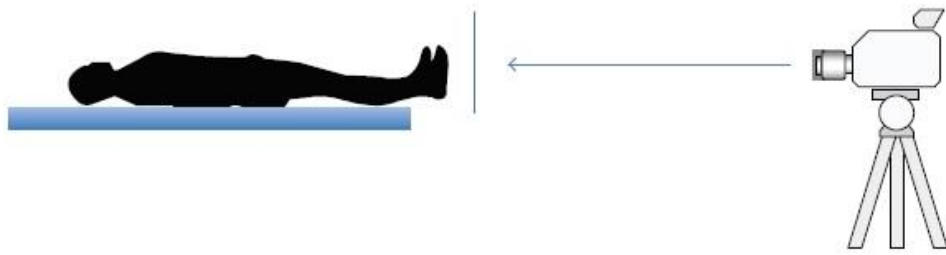


Ilustración 3. Diagrama que muestra la captura de datos. Fuente: Gatt A et al. (22)



Imagen 3. Toma de imagen termográfica antes de la prueba de estrés. Fuente: realizada por autor

- Seguidamente se sometió a los participantes a estrés mecánico, en la que los participantes anduvieron durante unos 5 minutos (aproximadamente).
- Por último, se realizó una 2ª toma de imágenes termográficas, en la camilla, en las plantas de ambos pies, un minuto después de terminar el estrés, para así

comparar las fotos termográficas con los pies en reposo y con un estrés biomecánico.



Imagen 4. Toma de imagen termográfica después de someter a estrés mecánico. Fuente: Realizada por autor

5.2 Material

5.2.1 Cámara termográfica

Para la realización de este estudio se ha utilizado la cámara termográfica modelo Flir E60®; FLIR Systems, Inc, Oregon, EE. UU, y sus características generales son:

- Imagen térmica
- Resolución IR: 320 x 240 píxeles
- Resolución espacial 1.36 mrad
- Sensibilidad térmica: $< 0,05^{\circ}\text{C}$

5.3 Aspectos éticos

Este estudio, ha mantenido en todo el tiempo transcurrido para su realización los cuatro criterios éticos:

- Beneficencia y no maleficencia: no produciendo ningún daño a los sujetos participantes.
- Autonomía: dejando a los participantes plena libertad para firmar el consentimiento informado para poder participar en el estudio.
- Justicia: realizando y obteniendo las mediciones y los datos de todos los participantes del mismo modo.
- Equidad: sin discriminación a nadie ni por su raza o religión.

El presente estudio para cumplir los requisitos éticos anteriormente expuestos se ha sometido a aprobación por parte de la Universidad Católica San Vicente Mártir con el código UCV/2017-2018/98, siendo favorable.

5.4 Protocolo de investigación

Para la realización de las partes del trabajo de una manera ordenada se diseñó este cronograma.

Este estudio duró aproximadamente 8 meses y se dividió este procedimiento de la siguiente manera: en primer lugar, se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica para poder recopilar toda la información e investigación que había sobre nuestro tema hasta el momento, y, seguidamente se formuló la hipótesis y los objetivos. En segundo lugar, se realizó el marco teórico con resultados de investigaciones anteriores. Posteriormente se realizaron las mediciones y, finalmente, concluimos con material y métodos, la estadística, los resultados, la discusión y las conclusiones del estudio.

Tabla 5. Cronograma del estudio

	Nov	Dic	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun
Búsqueda bibliográfica	X	X	X	X				
Hipótesis y objetivos		X						
Marco teórico				X	X	X		
Consentimiento informado			X					
CEIC	X							
Mediciones e intervención					X			
Material y métodos						X		
Estadística						X		
Resultados						X		
Discusión y conclusiones							X	
Introducción, resumen y anexos							X	
Entrega TFG							X	
Defensa							X	X

5.5 Análisis estadístico

Al terminar la recogida de datos, los hallazgos que obtuvimos se introdujeron en una tabla de OpenOffice® y posteriormente se importaron las variables al software IBM SPSS en su versión 23 para la realización del análisis estadístico. Las diferentes variables se describieron en media, mediana, varianza y desviación estándar, con un intervalo de confianza del 95%. También se obtuvo la distribución de probabilidad de las distintas variables, se compararon las diferencias y se relacionaron las distintas variables.

6. RESULTADOS

Analizados los datos con el programa IBM SPSS Statistics® ver.23, se realizó una descripción de la muestra, y a continuación se llevó a cabo la inferencia estadística para contestar los objetivos propuestos. El total de la muestra conseguida fue de $n=42$ participantes, sin distinción entre sexos.

6.1 Análisis descriptivo de la muestra

Para las variables cuantitativas que se tuvieron en cuenta en el estudio se obtuvieron los datos que se muestran a continuación en relación a la edad, la temperatura antes de la prueba de estrés, y la temperatura después de la prueba de estrés en los pies derecho e izquierdo.

La muestra estuvo compuesta por 42 participantes, en los cuales la media de edad fue de 64.29 años (± 14.84 DE). La edad mínima de los pacientes atendidos fue de 18 años y la máxima fue de 84 años.

Tabla 6. Descripción de la muestra estudiada

	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DE
EDAD (años)	64.29	18	84	± 14.84

***DE: Desviación Estándar**

Por otro lado, los datos que se muestran a continuación son de las variables de la temperatura en la 1ª imagen termográfica y la temperatura en la 2ª imagen termográfica, distinguiendo el pie derecho del izquierdo.

La media de la temperatura superficial de la primera imagen termográfica tomada (ITERM1D) fue de 30.7 °C (± 2.3 DE). Por otro lado, la media de la temperatura superficial de la segunda imagen termográfica tomada en el pie derecho (ITERM2D) fue de 30.48°C (± 2.1 DE),

La temperatura superficial de ITERM1D mínima de los pacientes fue de 23.4°C y la máxima fue de 35.3°C. Igualmente, la temperatura superficial ITERM2D mínima de los pacientes en su segunda imagen fue de 24.3°C y la máxima de 35.7°C.

Tabla 7. Descripción de las variables en el pie derecho

	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DE
ITERM1D (°C)	30.7	23.4	35.3	2.3
ITERM2D (°C)	30.48	24.3	35.7	2.1

Por otro lado, la media de la temperatura superficial de la primera imagen termográfica tomada en el pie izquierdo (ITERM1I) fue de 30.46°C (± 2.29 DE). Además, la media de la temperatura superficial de la segunda imagen termográfica tomada en el pie izquierdo (ITERM2I) fue de 29.88°C (± 1.8 DE),

La temperatura superficial mínima de los pacientes fue de 23.6°C y la máxima fue de 34.2°C. La temperatura superficial mínima de los pacientes en la segunda imagen fue de 25°C y la máxima fue de 32.9°C.

Tabla 8. Descripción de variables en el pie izquierdo

	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DE
ITERM1I (C°)	30.46	23.6	34.2	2.29
ITERM2I (C°)	29.88	25	32.9	1.8

6.2 Inferencia estadística

Para las variables estudiadas se realizó la prueba KS (Kolmogorov-Smirnov) para valorar su distribución de normalidad. Se obtuvo una significación de $p > 0,05$ por lo que todas siguieron una distribución normal.

Tabla 9. Pruebas de normalidad para las variables estudiadas

Kolmogorov-smirnov			
	ESTADÍSTICO	DF	SIG.
ITERM1D (C°)	0.095	42	0.200
ITERM2D (C°)	0.094	42	0.200
ITERM1I (C°)	0.088	42	0.200
ITERM2I (C°)	0.091	42	0.200

Seguidamente, se realizaron las pruebas pertinentes para ver si había diferencias entre la temperatura superficial tomada en la primera imagen termográfica y la temperatura superficial tomada en la segunda imagen termográfica. Para las variables se utilizó la prueba T-student.

Al determinar si hay cambio de temperatura entre la primera imagen termográfica tomada a las plantas en reposo, y la segunda imagen termográfica tomada después de recibir estrés biomecánico andando 50m, en el pie derecho, no se obtuvieron diferencias significativas en la temperatura antes y después ($t= 1.688$; $df=41$; $p=0.099$) de someterse a la prueba de estrés mecánico.

Tabla 10. T-student para valorar la diferencia entre ITERM1D e ITERM2D

	ERROR ESTÁNDAR	T	DF	SIG	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
ITERM1D- ITERM2D	0.141	1.688	41	0.099	-0.04684	0.523

A continuación, determinamos si hay cambio de temperatura entre la primera imagen termográfica tomada antes de la prueba de estrés, y la segunda imagen termográfica tomada después, con el grupo total de la muestra $n=42$, esta vez en el pie izquierdo, se

obtuvieron diferencias significativas en la temperatura antes y después ($t=3.364$; $df=41$; $p=0.002$) de la prueba de estrés mecánico.

Tabla 11. T-student para valorar la diferencia entre ITER1I Y ITERM2I

	ERROR ESTÁNDAR	T	DF	SIG	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
ITERM1I- ITERM2I	0.172	3.364	41	0.002	0.2311	0.9259

Por último, determinamos con la prueba t-student la diferencia en la temperatura en la primera imagen termográfica entre el pie derecho y el izquierdo, en el grupo total de nuestra muestra $n=42$, obtenemos una significación $p>0.05$, una diferencia de 0.25°C , por lo que no es un cambio significativo. Y la diferencia en la temperatura en la segunda imagen termográfica entre el pie derecho e izquierdo obtenemos una $p>0.05$, una diferencia de 0.59°C , por lo que tampoco es un cambio significativo entre una extremidad y la otra.

Tabla 12. T-student para valorar la diferencia entre la temperatura del pie derecho y el pie izquierdo

	SIG.	
	BILATERAL	DIFERENCIA
ITERM1D - ITERM1I	0.615	0.25°C
ITERM2D - ITERM2I	0.170	0.59°C

7. DISCUSIÓN

El presente estudio tiene como objetivo principal estudiar el significado de cambios de temperatura y su interpretación clínica. Hay que tener en cuenta que el tamaño muestral total ha sido de $n=42$ participantes lo que ha podido ser un hándicap a la hora de extraer resultados de interés de los datos obtenidos.

Al comparar en el pie derecho la temperatura tomada de la primera imagen termográfica con la temperatura tomada en la segunda imagen termográfica, para el total de la muestra $n=42$, se pudo observar que $p>0,05$ (véase Tabla 10), por lo que no son resultados significativos, pero no está muy lejos de serlo, que quiere decir que no hay diferencia entre la temperatura antes de la prueba de estrés y después de esta, lo que puede ser como vemos antes por el tamaño muestral, y también puede ser por un defecto en la metodología a la hora de los metros que anduvieron los participantes, que fueron 50m, los que han podido ser insuficientes.

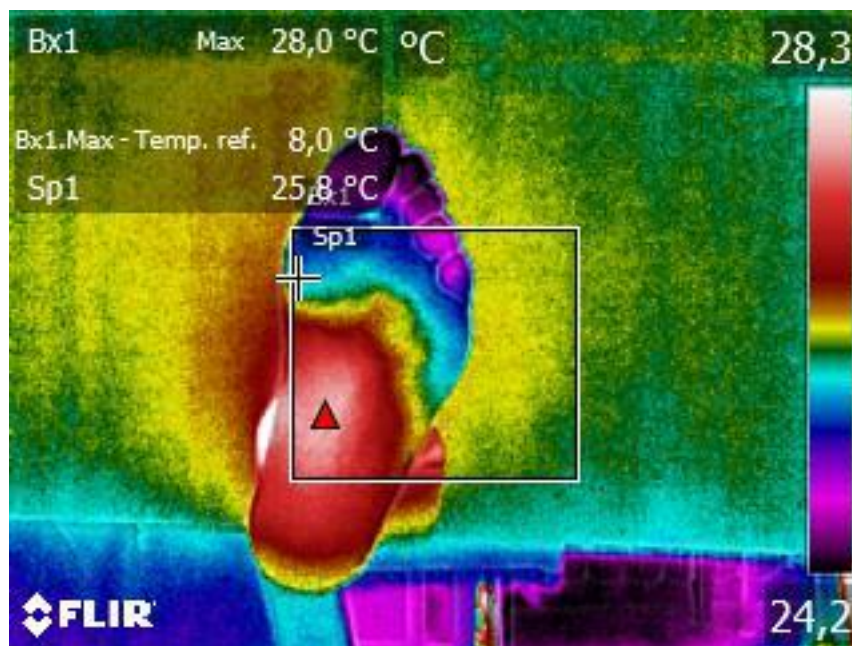


Imagen 5. Imágen termográfica con posible isquemia en los dedos. Fuente: realizada por el autor

A continuación, al comparar en el pie izquierdo la temperatura tomada de la primera imagen termográfica con la temperatura tomada en la segunda imagen termográfica, para el total de la muestra $n=42$, se pudo observar que $p<0.05$ (véase Tabla 11), que son resultados significativos, lo que nos indica que la termografía es capaz de obtener datos

objetivos y cuantificar los cambios de temperatura, y por lo tanto es de utilidad en el ámbito clínico de enfermería en el pie diabético, tal y como dice el estudio realizado por Peter H. Lin et al. en el año 2017 en el que se usan eficazmente sistemas de imagen termográficas en un Smartphone para la evaluación de pacientes con isquemia arterial en miembros inferiores(35), con esto se quiere decir que han aparecido nuevos sistemas de termografía asequibles económicamente y con gran utilidad y capacidad de uso en la clínica diaria.

En este caso se ha cuantificado un cambio de temperatura a menor, lo cual podría ser debido a procesos isquémicos los cuales disminuyen la temperatura o que al caminar se genera vasoconstricción, pudiendo favorecer así el retorno venoso y disminuyendo la temperatura superficial del pie, al igual que en el estudio realizado por Carbonell Jose L et al. en el año 2016 en el que dice existir diferencias de temperatura entre los pacientes diabéticos y los controles, siendo menor esta temperatura en los pacientes diabéticos(8).

En otro estudio realizado por Alfred Gatt et al. en el año 2018 se encontró que las temperaturas adquiridas mediante sistema termográfico son significativamente más bajas en los pies neuroisquémicos ulcerados y neuroisquémicos sin ulcerar, cuando los comparamos con pies sanos, debido a la isquemia(36).

Y en el estudio realizado por Chanmugam A et al. se estudia un método objetivo y reproducible para detectar y monitorizar con precisión cambios de temperatura a mayor, que quieren decir inflamación o infección(27).

Por último, observamos la diferencia hallada entre la temperatura tomada antes de la prueba de estrés entre el pie derecho y el izquierdo, y por otro lado la temperatura tomada después, igualmente, entre el pie derecho y el izquierdo, en los que se pudo observar en ambos que $p > 0,05$, (véase Tabla 12) por lo que no hay diferencias significativas, como dice en el estudio llevado a cabo por Alfred Gatt et al en el año 2014 en el que manifiesta haber una simetría general en la temperatura de la piel entre las mismas regiones en los miembros contralaterales(19). En cambio, también encontramos el estudio realizado por David G Armstrong et al en el que se contó con 143 pacientes y se observaron diferencias en la temperatura entre el pie afectado por úlcera o neuropatía de charcot y el pie contralateral (24). Y en el estudio realizado por Jaap J. van Netten dice que en pacientes con complicaciones de neuropatía la

temperatura media de un pie y el contralateral fueron similares, pero la temperatura en la región de interés en el pie fue $>2^{\circ}\text{C}$, en comparación con el pie contralateral(20).

8. CONCLUSIONES

Para la muestra estudiada se sacaron las siguientes conclusiones:

- La termografía es una tecnología útil y asequible en estudios de prevención en pie diabético, aunque se necesitan más estudios para comprobar su fiabilidad.
- Los cambios de temperatura a menor pueden ser indicativo de isquemia, mientras que los cambios de temperatura a mayor pueden ser indicativo de un proceso inflamatorio.
- La termografía es una herramienta que nos puede ayudar a prevenir la formación úlceras de pie diabético y así disminuir la gran morbimortalidad que esta padece.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Gonzalez N. Todo lo que hay que saber sobre la diabetes. (recurso electrónico) en infobae. 2017. p. 3. En: <<https://www.infobae.com/mix5411/2017/12/23/todo-lo-que-hay-que-sabersobre-la-diabetes-2/>>.
2. Federation ID. Informe Mundial de la diabetes. Resum orientación [recurso electrónico] en Organización Mundial de la Salud. 2016;4. En: <<http://www.idf.org/node/26452?language=es>>.
3. Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing foot ulcers. J Am Med Assoc. 2005;293(2).
4. Tizón Bouza E, Dovale Robles MN, Fernández Garcia MY, Fernández Veiga C, López Vilela M, Mouteira Vázquez M, et al. Atención de enfermería en la prevención y cuidados del pie diabético. (Recurso electrónico) en Aten Primaria. 2004;34(5):263–4. En: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567\(04\)70845-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567(04)70845-8)>
5. Veves A, Giurini J, LoGerfo F. The diabetic foot: medical and surgical management. Vasa. 2012.
6. Céspedes C, Otálora MA, Alfonso SC, Granados C. Guía para el manejo inicial de la cetoacidosis diabética en niños y adolescentes. 2005;1–21.
7. Alberto L, Cajacuri V. Early diagnostic of diabetic foot using thermal images. 2014;
8. Lucia CJ, Cecili MR, Miralles C, José M, María F, Ortiz C, et al. La Termografía en el pie diabético. Nueva herramienta para el diagnóstico precoz. 2007;
9. Tedgui A. Physiopathologie de l’Atherosclérose chez le Diabétique. Arch Mal Coeur Vaiss. 2004.
10. Segovia-Gomez T, Giralt-Veciana E, Ibars-Moncasí P L-MJ. Úlceras de pie diabético. In: Atención integral de las heridas crónicas. 2nd ed. 2016. p. 333–52.
11. Serrano Hernando FJ, Conejero AM. Enfermedad arterial no coronaria (VIII) En: Enfermedad arterial periférica: Aspectos fisiopatológicos, clínicos y terapéuticos.

- Rev Esp Cardiol. 2007;60(9):82-969.
12. International Diabetes Federation. Idf Clinical Practice Recommendations on the Diabetic Foot. 2017.
 13. Samper Bernal D, Monerris Tabasco MM, Homs Riera M, Soler Pedrola M. Etiología y manejo de la neuropatía diabética dolorosa. Rev la Soc Española del Dolor. 2010;17(6):286–96.
 14. Singh R, Kishore L, Kaur N. Diabetic peripheral neuropathy: Current perspective and future directions. Pharmacol Res. 2014;80:21–35.
 15. Setacci, C; de Donato, G; Setacci F et al. Diabetic patients: epidemiology and global impact. J Cardiovasc Surg. 2009;3:263–73.
 16. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. N Engl J Med. 2017;376(24):2367–75.
 17. Torra-Bou, JE; Martinez-Cuervo, F; García-Fernandez, FP; Rovira-Calero, G; Segovia-Gomez T. El proceso biológico de reparación de las heridas. In: Atención integral de las heridas crónicas. 2nd ed. 2016. p.63-147.
 18. Verdú-Soriano J, Marinello-Roura J M-GJ. Epidemiología, etiopatogenia, clasificación y diagnóstico diferencial de las úlceras de extremidad inferior. En: Atención integral de las heridas crónicas. 2nd ed. 2016. p. 73–80.
 19. Gatt A, Formosa C, Cassar K, Camilleri KP, De Raffaele C, Mizzi A, et al. Thermographic patterns of the upper and lower limbs: Baseline data. Int J Vasc Med. 2015;2015.
 20. Van Netten JJ, Van Baal JG, Liu C, Van Der Heijden F, Bus SA. Infrared thermal imaging for automated detection of diabetic foot complications. J Diabetes Sci Technol. 2013;7(5):1122–9.
 21. Mendes R, Sousa N, Almeida A, Vilalla-Alves J, Reis VM, Neves EB. Thermography: A technique for assessing the risk of developing diabetic foot disorders. Postgrad Med J. 2015;91(1079):538.
 22. Adam M, Ng EYK, Tan JH, Heng ML, Tong JWK, Acharya UR. Computer

- aided diagnosis of diabetic foot using infrared thermography: A review. *Comput Biol Med.* 2017;91:326–36.
23. Kanazawa T, Nakagami G, Goto T, Noguchi H, Oe M, Miyagaki T, et al. Demographic parameters. 2015;2(2):0–1.
 24. Armstrong DG, Lavery L a, Liswood PJ, Todd WF, Tredwell J a. Infrared dermal thermometry for the high-risk diabetic foot. *Phys Ther* . 1997;77(2):169-75; discussion 176-7.
 25. Manley MT DT. Repetitive mechanical stress and denervation in plantar ulcer pathogenesis in rats. *Arch Phys Med Rehabil.* 1980;51:171–5.
 26. Beach RB TD. Selected soft tissue research: an overview from Carville. *Phys Ther.* 1979;59:30–5.
 27. Chanmugam A, Langemo D, Thomason K, Haan J, Altenburger EA, Tippet A, et al. Relative Temperature Maximum in Wound Infection and Inflammation as Compared with a Control Subject Using Long-Wave Infrared Thermography. *Adv Ski Wound Care.* 2017;30(9):406–14.
 28. Bernard V, Staffa E, Mornstein V, Bourek A. Infrared camera assessment of skin surface temperature - Effect of emissivity. *Phys Medica.* 2013;29(6):583–91.
 29. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Raj B, Philip J. Application of Infrared to Biomedical Sciences. 2017.
 30. Harrap MJM, De Ibarra NH, Whitney HM, Rands SA. Reporting of thermography parameters in biology: A systematic review of thermal imaging literature. *R Soc Open Sci.* 2018;5(12):9–11.
 31. Fraiwan L, AlKhodari M, Ninan J, Mustafa B, Saleh A, Ghazal M. Diabetic foot ulcer mobile detection system using smart phone thermal camera: A feasibility study. *Biomed Eng Online.* 2017;16(1):1–19.
 32. Hernandez-Contreras D, Peregrina-Barreto H, Rangel-Magdaleno J, Gonzalez-Bernal J. Narrative review: Diabetic foot and infrared thermography. *Infrared Phys Technol.* 2016;78:105–17.

33. Argimon J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica.
34. Otzen T MC. Sampling Techniques on a Population Study. *Int J Morphol*. 2017;35(1):227–32.
35. Lin PH, Saines M. Assessment of lower extremity ischemia using smartphone thermographic imaging. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*. 2017;3(4):205–8.
36. Gatt A, Falzon O, Cassar K, Camilleri KP, Gauci J, Ellul C, et al. The Application of Medical Thermography to Discriminate Neuroischemic Toe Ulceration in the Diabetic Foot. *Int J Low Extrem Wounds*. 2018;17(2):102–5.